

SÉRIE A, N° 182

N° D'ORDRE :

205

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ

PAR

M. M. ROY

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES SUR LA RADIOACTIVITÉ DE L'ATMOS-
PHÈRE.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le **5 JUIL** 1928, devant la Commission d'Examen.

MM. MAURAIN . . .	Président
DEBIERNE. . .	} Examinateurs
LABROUSTE . . .	

PARIS (V^e)

LES PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

49, Boulevard Saint-Michel, 49

SÉRIE A, N° 182

N° D'ORDRE :

205

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ

PAR

M. M. ROY

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES SUR LA RADIOACTIVITÉ DE L'ATMOS-
PHÈRE.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 1928, devant la Commission d'Examen.

MM. MAURAIN . . .	Président
DEBIERNE. . .	} Examinateurs
LABROUSTE . . .	

PARIS (V°)

LES PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE
49, Boulevard Saint-Michel, 49

1928

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen C. MAURAIN, *Professeur*, Physique du globe.
Doyens honoraires P. APPELL, M. MOLLIARD.

Prof. honoraires } P. PUISEUX.
 V. BOUSSINESQ.
 A. JOANNIS.
 H. LE CHATELIER.
 H. LEBESGUE.
 A. FERNBACH.
 A. LEDUC.

Emile PICARD Analyse supérieure et algèbre supérieure.
 G. KÖNIGS Mécanique physique et expérimentale.
 E. GOURSAT Calcul différentiel et calcul intégral.
 P. JANET Electrotechnique générale.
 F. WALLERANT Minéralogie
 H. ANDOYER Astronomie.
 P. PAINLEVÉ Mécanique analytique et mécanique céleste.
 Gabriel BERTRAND Chimie biologique.
 Mme P. CURIE Physique générale et radioactivité.
 M. CAULLERY Zoologie (Évolution des êtres organisés).
 G. URBAIN Chimie minérale.
 Emile BOREL Calcul des probabilités et Physique mathém.
 L. MARCHIS Aviation.
 Jean PERRIN Chimie physique.
 Rémy PERRIER Zoologie (Enseignement P. C. N.).
 H. ABRAHAM Physique.
 M. MOLLIARD Physiologie végétale.
 E. CARTAN Géométrie supérieure.
 L. LAPICQUE Physiologie générale.
 E. VESSIOT Théorie des fonctions et théories des trans-
 formations.

Professeurs A. COITON Physique générale.
 J. DRACH Application de l'analyse à la géométrie.
 Charles FABRY Physique.
 Charles PÉREZ Zoologie.
 Léon BERTRAND Géologie structurale et géologie appliquée.
 R. LESPIEAU Théories chimiques.
 E. RABAUD Biologie expérimentale.
 P. PORTIER Physiologie comparée.
 E. BLAISE Chimie organique.
 P.-A. DANGEARD Botanique.
 Paul MONTEL Mécanique rationnelle.
 P. WINTREBERT Anatomie et histologie comparées.
 O. DUBOSCQ Biologie maritime.
 G. JULIA Mathématiques générales.
 A. JOB Chimie générale.
 A. MAILHE Etude des combustibles.
 L. LUTAUD Géographie physique et géologie dynamique.
 Eugène BLOCH Physique théorique et physique céleste.
 Henri VILLAT Mécanique des fluides et applications.
 Ch. JACOB Géologie.
 P. PASCAL Chimie appliquée.



E. HÉROUARD Zoologie.
 E. PÉCHARD Chimie (Enseign^t P. C. N.).
 V. AUGER Chimie analytique.
 M. GUICHARD Chimie minérale.
 A. GUILLET Physique.
 C. MAUGUIN Minéralogie.
 L. BLARINGHEM Botanique.
 A. MICHEL-LÉVY Pétrographie.
 A. DERREIMS Géologie
 R. DONGIER Physique du globe.
 A. DENJOY Calcul différ. et intégral.
 H. BÉNARD Physique (P. C. N.)

E. DARMOIS Physique.
 G. BRUHAT Physique.
 H. MOUTON Chimie physique.
 L. JOLEAUD Paléontologie.
 M. JAVILLIER Chimie biologique.
 A. DUFOUR Physique (P. C. N.).
 F. PICARD Zoologie (Évolution des
 êtres organisés).
 ROBERT-LÉVY Zoologie.
 L. DUNOYER Optique appliquée.
 A. GUILLIERMOND Botanique (P. C. N.).
 A. DEBIERNE Radioactivité.

Secrétaire Daniel TOMBECK.

A MONSIEUR CHARLES MAURAIN

*Hommages respectueux de
reconnaissance.*

RECHERCHES SUR LA RADIOACTIVITÉ DE L'ATMOSPHÈRE

INTRODUCTION

Les matières radioactives se rencontrent dans la croûte terrestre, il résulte que leurs émanations se trouvent dans l'atmosphère. L'équilibre radioactif entre les matières semblables et leurs émanations s'établit, plus ou moins vite : par exemple l'équilibre entre le radium et son émanation a lieu pratiquement en 30 jours — d'où la possibilité de calculer le nombre d'atomes d'émanations par rapport à une quantité connue de matière primitive. C'est-à-dire de la substance-mère ⁽¹⁾.

Les émanations elles-mêmes subissent des transformations et le temps nécessaire pour qu'il s'établisse un équilibre, dépend des constantes des désagréations des émanations et de leurs produits. Pour le Radon dont la période (3,83 jours) est assez longue comparée à celle des RaA (3 minutes), RaB (26,7 minutes), et RaC (19,5 minutes), l'équilibre est atteint après environ 3 heures, tandis que pour le Thoron et le Thorium A qui ont la période de 53 secondes et le Thorium B de 10,6 heures, le temps nécessaire est d'environ trois jours.

⁽¹⁾ SWANN, *Ter. mag. et atmos. elec.*, vol. 19, page 91, pp. 176-182 (1914) ; vol. 20, pp. 18-20 et 30-43 (1915).

Il est évident que dans l'atmosphère les substances sont dans un état d'équilibre radioactif avec les substances primitives.

Les matières radioactives de l'atmosphère jouent un rôle capital dans l'ionisation atmosphérique, il est très important de connaître la quantité présente, surtout la teneur en Radon qui est la plus active.

Parmi les différents moyens utilisés pour déterminer la teneur en Emanation, la méthode du « fil chargé » (Elster et Geitel) a le défaut de donner des résultats mal définis. La méthode d'absorption par le charbon de noix de coco et celle par condensation à basse température sont certainement les meilleures mais elles ne donnent aucune idée sur les teneurs en émanations du Thorium et de l'Actinium ; dans le premier cas la matière absorbante est saturée progressivement et la quantité d'émanations absorbées ne dépend pas de la durée du passage de l'air ⁽¹⁾. La méthode de captation utilisée dans ce travail a aussi ses défauts, mais on peut y remédier : elle est également susceptible d'être appliquée à l'étude de la nature complexe des substances radioactives contenues dans l'atmosphère des villes dans de larges limites.

Théorie de la Méthode

La méthode destinée à déterminer la quantité de Radon présente dans l'atmosphère consiste à aspirer un volume déterminé de l'air dans l'espace séparant deux cylindres concentriques entre lesquels on maintient un champ électrique. Le RaA et le ThB chargés positivement, sont déposés sur une électrode négative capable d'être enlevée, puis placée

⁽¹⁾ SATTERLY, *Phil. Mag.*, VI, t. 20, p. 778 (1910).

dans une chambre d'ionisation immédiatement après l'activation. La quantité de matière radioactive déposée sur l'électrode peut être déterminée à l'aide de la courbe de désactivation et des constantes radioactives ; connaissant le volume d'air aspiré, celle-ci donne le nombre d'atomes de RaA par cm^3 de l'air aspiré par sec. Ce nombre doit être corrigé pour tenir compte de la perte due à la combinaison avec les ions négatifs de l'atmosphère. Du nombre corrigé et de la connaissance des constantes de désintégration des termes de la série du radium, il est possible de déduire la concentration du Radon, avec lequel le RaA est en équilibre, et de ce dernier, la quantité du radium avec lequel le Radon est en équilibre. Swann donne la théorie la plus générale permettant de calculer la quantité de Radon dans l'atmosphère par la méthode d'aspiration. Quand la durée d'activation est assez petite, on peut négliger l'influence des produits de désagrégation du Thorium sur la courbe de désactivation qui fournit les données à l'aide desquelles on calcule la quantité de Radon. Les produits d'Actinium ne sont pas d'une grande importance à cause de leur vie courte ; d'ailleurs leur activité est très faible et difficile à distinguer de celle de l'émanation du radium ⁽¹⁾.

Parmi les divers corps issus du Thorium et du Radium le RaA et le ThB sont chargés positivement. Il est probable que quelques autres le sont également au moment de leur naissance, mais ils sont neutralisés rapidement. Il est difficile de dire pourquoi ils sont chargés positivement ; par exemple le Radon émet des rayons α portant des charges positives $(+2e)$ le résidu doit être chargé par conséquent négativement, mais le résultat est inverse. Il est possible que l'émission par le Radon de particules α

(1) Publications de Carnegie Institut, n° 175, vol. III, pp. 393-96.

libère au même temps quelques électrons de l'atome et si le nombre d'électrons libérés est de trois ou plus, l'atome restant aura une charge positive. Théoriquement le RaA doit être capté par l'électrode négative de l'appareil d'aspiration, mais les courbes de désactivation montrent en même temps la présence du RaB et RaC. Les rapports entre les RaA, RaB, et RaC n'ont aucune relation avec ceux qu'ils auraient quand l'équilibre est atteint, mais varient largement avec les conditions extérieures. En effet nous avons obtenu des courbes montrant assez peu de RaA et de RaC. Probablement les RaB et RaC se recombinaient avec les ions de l'atmosphère, et ceux-ci à leur tour se recombinaient avec des ions positifs peuvent se déposer sur l'électrode négative. Evidemment le nombre de telles recombinaisons dépend de la période de destruction des corps et des facteurs atmosphériques. C'est pourquoi il est nécessaire de tenir compte de RaB et de RaC déposés primitivement sur l'électrode négative. On peut écrire l'équation comme suit (1) :

$$ywh = pn_A(1 - e^{-\lambda_A t})e^{-\lambda_A t} + rn_A\lambda_C(ae^{-\lambda_A t} + be^{-\lambda_B t} + ce^{-\lambda_C t}) \\ + rn_B(b_1e^{-\lambda_B t} - c_1e^{-\lambda_C t}) + rn_C(1 - e^{-\lambda_C t})e^{-\lambda_C t}$$

où y est le nombre de paires d'ions produit par seconde la chambre d'ionisation par la matière active déposée par l'aspiration de 1 cm³ par seconde,

t , secondes après l'arrêt de l'activation,

w , volume d'air aspiré par seconde en cm³,

h est un facteur qui dépend de la forme de la chambre d'ionisation et du parcours des particules α .

Ceci est dû au fait que toutes les particules α venant de

(1) Publications de Carnegie Institut, N° 175, vol. III, pp, 393-396.

la plaque active dans la chambre d'ionisation sont arrêtées avant d'achever leur parcours ou de produire leur nombre total d'ions.

p et r représentent le nombre d'ions produit par une particule de radium A et de radium C (le radium B n'émet pas de particule), n_A , n_B et n_C sont les nombres d'atomes de RaA, RaB et RaC déposés respectivement sur la plaque pendant la période d'activation, T , λ_A , λ_B , λ_C , les constantes radioactives des RaA, RaB et RaC, et enfin :

$$a = \frac{\lambda_B(1 - e^{-\lambda_A T})}{(\lambda_B - \lambda_A)(\lambda_C - \lambda_A)}, \quad b = \frac{\lambda_A(1 - e^{-\lambda_B T})}{(\lambda_A - \lambda_B)(\lambda_C - \lambda_B)},$$

$$c = \frac{\lambda_A \lambda_B (1 - e^{-\lambda_C T})}{\lambda_C (\lambda_A - \lambda_C)(\lambda_B - \lambda_C)}$$

$$b_1 = \frac{\lambda_C(1 - e^{-\lambda_B T})}{\lambda_C - \lambda_B}, \quad c_1 = \frac{\lambda_B(1 - e^{-\lambda_C T})}{\lambda_C - \lambda_B}$$

puis en posant

$$\frac{n_A}{w} = n_a$$

$$\frac{n_B}{w} = n_b$$

$$\frac{n_C}{w} = n_c$$

où n_a , n_b et n_c sont les nombres d'atomes de RaA, RaB et RaC déposés respectivement par seconde par cm^3 d'air aspiré on peut écrire y comme suit :

$$y = y_1 + y_2 + y_3$$

ou

$$y_1 = \frac{n_a}{h} \{ (p \times \dots) + (r \times \dots) \}$$

$$y_2 = \frac{n_b}{h} (\dots) r$$

$$y_3 = \frac{n_c}{h} (\dots) r.$$

Les valeurs de $\frac{n_a}{h}$, $\frac{n_b}{h}$ et $\frac{n_c}{h}$ peuvent être déterminées par la résolution des trois équations en prenant trois points sur la courbe de désactivation. La valeur de h peut se calculer et on connaîtra n_a , n_b , n_c .

Par suite de la recombinaison avec les ions négatifs, gros ou petits, on doit corriger la valeur de n_a , en la multipliant par $\left(1 + \Theta \frac{n_-}{\lambda_A}\right)$ où Θ est le coefficient des combinaisons des ions ; n est le nombre d'ions négatifs par cm^3 dans l'atmosphère et λ_A la constante de transformation du radium A. Cette correction est nécessaire parce que les atomes de RaA qui se recombinent avec les ions négatifs perdent leur charge et ne peuvent être déposés sur l'électrode négative. On ne tient pas compte des ions intermédiaires.

La quantité d'émanation contenue dans l'atmosphère par cm^3 est donnée par

$$E = \frac{\lambda_A}{\lambda_E} \left(1 + \Theta \frac{n_-}{\lambda_A}\right) n_a$$

où λ_E est la constante de transformation du Radon.

Q la quantité de Radium avec laquelle E est en équilibre est donnée par

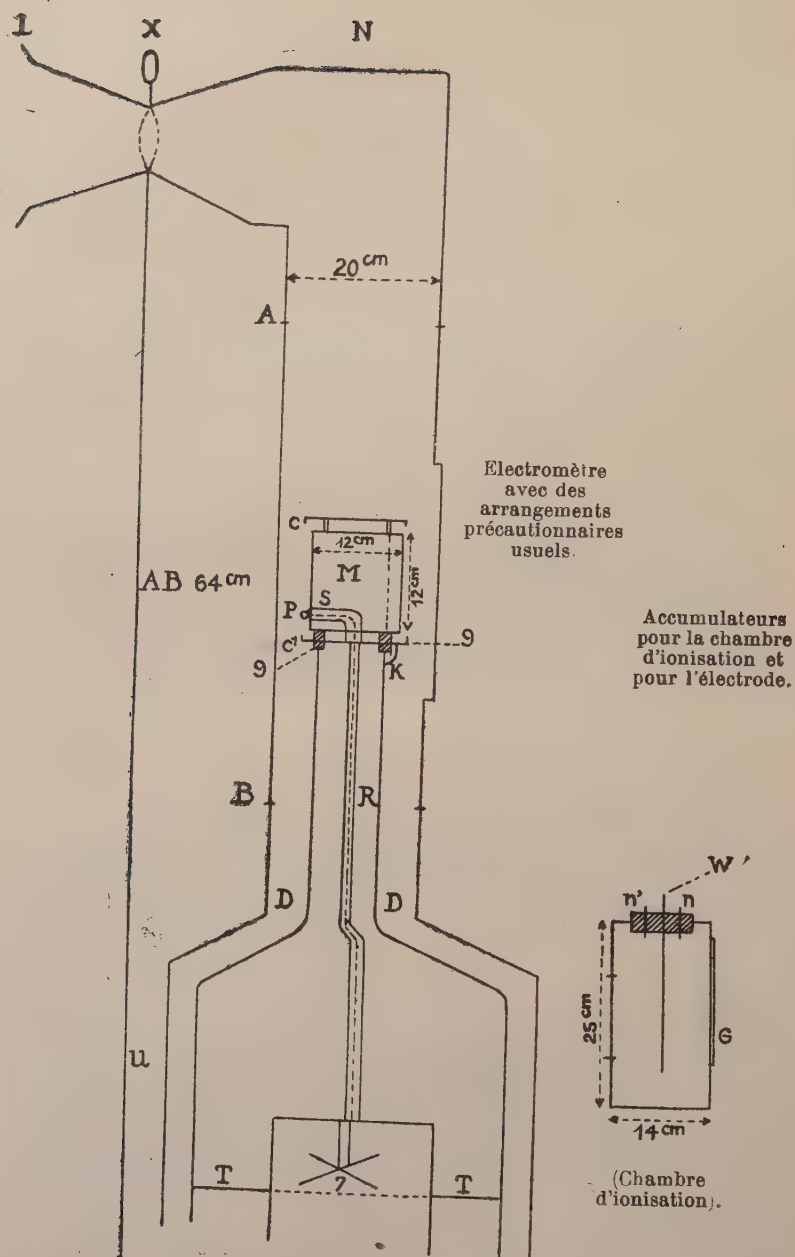
$$Q = \frac{\lambda_A}{\lambda_R} n_a \left(1 + \Theta \frac{n_-}{\lambda_A}\right) 3,7 \times 10^{-22} \text{ curies par cm}^3$$

$3,7 \times 10^{-22}$ représente le poids d'un atome du radium, et λ_R est la constante de transformation du radium. On détermine la valeur de h graphiquement connaissant le parcours des particules α , l'ionisation le long des différentes parties de leur trajet, la forme et la dimension de la chambre d'ionisation ⁽¹⁾.

(1) Swann a indiqué un autre mode de calcul.

LES APPAREILS ET LA PROCÉDURE DE MESURE

L'appareil employé est du type Gerdien (fig. 1). Il se compose d'un cylindre en laiton AB (longueur 64 centimètres ; diamètre 20 centimètres) ajusté sur deux autres cylindres (U et N) en tôle galvanisée. Le cylindre N est courbé à angle droit et se termine par un cône. La partie inférieure est plus large afin de permettre l'introduction du dispositif d'aspiration. Le cylindre AB porte une fenêtre VV et l'intérieur de celui-ci est ainsi accessible. Un autre cylindre coaxial en bois (de 12 centimètres de longueur et de 12 centimètres de diamètre) muni de couvercles et supporté par DD se trouve à l'égale distance des deux extrémités AB, il est également isolé par les pièces d'ébonite II. A environ 1 centimètre au-dessus et au-dessous de M se trouvent deux couvercles CC aux bords légèrement courbés, isolés du cylindre par des blocs d'ébonite, ils sont reliés avec un des pieds par un fil traversant M et mis ainsi en communication à la terre. Un tube en ébonite S, courbé à angle droit et passant à travers M porte un fil terminé par un bouton P faisant saillie, la partie inférieure du fil est très soigneusement isolée et passe en dehors. Son extrémité est reliée au dispositif de charge. Quelques minces feuilles en laiton d'une



Système de charges consistant de transformateur.
Potentiomètres, kénotron pour rectifier le courant
capacité et le voltmètre électrostatique.

Fig. 1.

largeur d'environ 11 centimètres, et d'une longueur égale à la circonférence du cylindre en bois sont utilisées pour recueillir les dépôts radioactifs, elles s'appuient sur le bouton P, relié à la source à potentiel élevé.

Système de chargement

Un petit transformateur donnant environ 6 000 volts dont le primaire est tranché par le secteur, a été employé pour produire les tensions élevées. Le courant dans le primaire pouvait être réduit à l'aide d'un potentiomètre, et par conséquent on pouvait avoir toutes les valeurs possibles jusqu'à 6 000 volts. Le courant du secondaire était redressé par un Kénotrone d'où la possibilité d'utiliser la tension soit positive, soit négative. On avait soin d'isoler les accumulateurs du Kénotrone et un condensateur introduit dans le circuit secondaire servait à maintenir les potentiels constants. Un voltmètre électrostatique de 6 000 volts indiquait le potentiel.

Système d'aspiration

Un petit ventilateur renversé a été utilisé pour l'aspiration de l'air. Les dispositions permettant de contrôler le passage du courant dans le ventilateur réglaient la quantité d'air aspiré. La partie supérieure horizontale NL de l'appareil dépassait de l'extérieur par la fenêtre, et l'air était aspiré. Un anneau circulaire TT dans la partie inférieure d'U empêchait l'air qui a déjà traversé l'appareil de rentrer par la partie périphérique d'extrémité inférieure. En vue du fait que la répartition de la vitesse dans la section à la fin de NL, malgré la distance assez longue du système central, n'était pas uniforme et ainsi ne pouvait être mesurée avec précision en plaçant un anémomètre dans n'importe quelle

position, nous avons donné à la partie horizontale de NL, la forme de cône double (montrée par la figure), comme a conseillé M. Maurain, et l'anémomètre X fut placé à l'endroit le plus étroit où la section du cylindre était égale à celle de l'anémomètre. Le volume total de l'air pénétrant dans le système passa ainsi à travers l'anémomètre et les lectures furent assez correctes.

Système d'électromètre

Un électromètre à quadrants Doležálek à suspension en fil de quartz a été utilisé ; l'aiguille était portée à 100 volts à l'aide d'une batterie d'accumulateurs dont l'autre pôle était au sol. La sensibilité était d'environ 300 millimètres pour 1 volt sur une échelle placée à 1 mètre. Un contact de mise au sol électromagnétique a été employé et on a tenu compte de toutes les précautions habituelles à ce genre de mesures.

Chambre d'ionisation

La chambre d'ionisation de forme cylindrique (longueur 25 centimètres, diamètre 14 centimètres) était construite en laiton. L'électrode centrale était constituée par un fil de cuivre de 2 millimètres de diamètre était isolée du cylindre extérieur par un bouchon d'ambre à anneau de garde. La plaque activée s'introduisant par une ouverture munie d'une porte à charnières, des crochets la maintenant contre la paroi de la chambre d'ionisation, la surface active tournée vers l'intérieur, elle formait une large bande dans la région centrale. La distance du haut ou du bas de la plaque au haut ou au bas de ladite chambre était du même ordre de grandeur que le parcours des rayons α du dépôt.

En conséquence le pour cent des rayons α achevant le parcours d'ionisation totale était indépendant de la façon dont le dépôt était distribué.

L'électrode centrale de la chambre d'ionisation était mis en communication avec la paire des quadrants isolés, par des fils entourés de tubes métalliques mis au sol comme on le fait dans ce genre de mesures.

On a utilisé autant que possible des fils nus dans l'électromètre et dans la chambre d'ionisation. La mise au sol se faisant en reliant aux canalisations de l'eau et du gaz. On maintenait les parois de la chambre d'ionisation à l'aide d'accumulateurs à une tension de 320 volts, valeur supérieure à celle nécessaire pour obtenir la saturation. De l'huile fut mise dans toutes les batteries de façon à assurer un bon isolement des parties composantes et ainsi éviter les courants sporadiques.

Méthode

Après vérification des bornes (particulièrement de celles de la mise à la terre) et nettoyage des isolants (lavage à l'alcool de l'ébonite et de l'ambre) on mesurait le courant spontané en ayant soin de mettre dans la chambre d'ionisation la feuille destinée à être activée. On a essayé également de mesurer ce courant après chaque expérience, mais les résultats n'ont pas été satisfaisants à cause des résidus d'activation. Habituellement un intervalle de 2 à 3 heures séparait les expériences, mais parfois quand l'exposition était longue, on ne pouvait faire qu'une seule expérience dans la journée. Après chaque expérience on nettoyait l'intérieur de la chambre d'ionisation, ainsi que la feuille (frottage avec H_2SO_4 dilué, lavage à l'eau et séchage).

Le courant spontané d'ionisation diminuait rapidement

après la fermeture du circuit et devenait rapidement constant ; on ne constatait pas de variation perceptible quand le circuit était coupé un instant, même quand on supprimait temporairement la tension et qu'on la rétablissait après.

Les courbes ont été tracées très soigneusement en utilisant les déviations. La figure 2 est une courbe représentative de l'ionisation spontanée. La sensibilité de l'électromètre était déterminée au moins une fois par jour pendant les expériences.

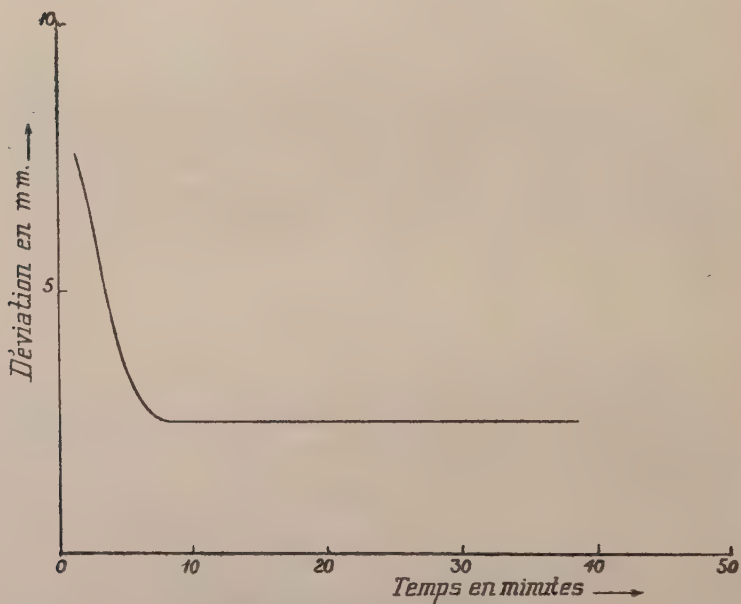


Fig. 2. — Courant spontané.
Tension de 360 volts.

Les capacités de l'électromètre et de la chambre d'ionisation l'étaient moins fréquemment. Dans des cas semblables il est important de mesurer la capacité de l'électromètre quand l'aiguille se déplace. Les capacités varient quand l'aiguille est arrêtée et quand elle est en mouvement. Cette mesure a

été effectuée par la méthode des mélanges à l'aide d'un condensateur étalon. La valeur trouvée était d'environ 92 centimètres.

Le transformateur et le système d'aspiration réglés, la feuille en laiton était alors enroulée autour du cylindre de bois et maintenue en place par un fil. On a vérifié chaque fois que le potentiel de l'électrode était bien celui indiqué par le voltmètre, puis la porte fermée on mettait en marche l'aspiration et on appliquait la tension. On lisait l'anémomètre avant la fermeture ou l'ouverture du circuit. La durée d'activation était ordinairement de 15 minutes mais souvent on la prolongeait plus longtemps.

Après le temps voulu d'activation la feuille déroulée soigneusement était placée dans la chambre d'ionisation, la surface activée dirigée vers l'intérieur, et mise en position contre la paroi par des crochets ainsi que le fil employé pour la maintenir contre M. La feuille devait être placée exactement comme elle se trouvait dans l'appareil de captation c'est-à-dire que la partie supérieure dans cet appareil devait l'être également dans la chambre d'ionisation.

Les observations étaient prises seulement une fois le mouvement de l'aiguille devenu uniforme. C'est la raison pour laquelle la communication entre l'électrode centrale et les quadrants isolés se faisait une demi-minute avant. Dans toutes les observations les communications se trouvaient établies 1-1/2 minute après l'arrêt complet de l'activation, et les observations commençaient 2 minutes après. On a essayé de faire les observations 1 1/2 minute après l'arrêt complet de l'activation, mais les mouvements de l'aiguille étaient irréguliers. L'observation consistait à noter à l'aide d'un chronomètre la déviation des « spot » sur l'échelle pendant deux minutes. Bien qu'une durée de 1 minute fut parfois convenable pour les grands déplacements, une durée

uniforme de 2 minutes a été adoptée. Au début les lectures étaient faites à des intervalles de 1 minute, mais plus tard ceux-ci furent portés à 5 et 10 minutes. Les mesures se continuaient en général pendant 1 heure et plus.

Les observations ont été faites avec des tensions différentes et des vitesses de courants d'air variées.

II

LES CALCULS ET LES DONNÉES

Connaissant la capacité, la sensibilité et la vitesse du déplacement de l'aiguille, on peut construire la courbe de désactivation de la feuille activée.

Dans les calculs on rapportait la valeur de y à t , temps en secondes compté à partir de l'arrêt de l'activation. Dans les observations suivantes :

$$y = \frac{kd}{2 \times 60 \times D \times 300 \times w \times 4,8 \times 10^{-10}}$$

où k est la capacité,

d est le déplacement de l'aiguille en 2 minutes (2×60 secondes),

D est la sensibilité de l'aiguille,

w est le volume de l'air aspiré par seconde en cm^3 ,

$4,8 \times 10^{-10}$ est la charge ionique en unités électrostatique,

$\left(\frac{d}{D \times 2 \times 60} \right)$ est le rapport moyen suivant lequel le potentiel augmente pendant 2 minutes).

Après avoir construit la courbe de désactivation avec les valeurs de y ci-dessus, et la valeur moyenne de t prise à

partir de l'arrêt de l'activation, on choisissait trois valeurs arbitraires de t , les valeurs correspondantes de y étaient tirées de la courbe. Dans les observations suivantes $t = 5$, $t = 15$, $t = 30$ minutes. Ces valeurs étant posées dans l'équation générale, on a obtenu trois équations en n_a , n_b , n_c , les données et les constantes étant connues.

Les calculs sont longs et difficiles, mais il est toutefois possible de réduire les trois équations à deux. Supposons que chaque courbe de désactivation corresponde à des rapports variables de n_a , n_b et n_c et que les courbes pour n_a et n_b sont établies avec des valeurs arbitraires, on trouve que pour les deux courbes l'inclinaison est à peu près nulle à environ $t = 22$ minutes (1 320 secondes) c'est-à-dire 22 minutes après la captation du dépôt. Donc l'inclinaison de la courbe principale à environ $t = 22$ minutes est due à n_c . On peut ainsi simplifier les courbes primitives en des courbes de n_a et de n_b . Ensuite en simplifiant les équations de ces courbes on peut trouver les valeurs de n_a et de n_b .

Dans le calcul suivant la méthode directe a été employée :

$$T = 900 \text{ secondes}$$

$$t_5 = 300 \text{ secondes}$$

$$t_{15} = 900 \text{ secondes}$$

$$t_{30} = 1800 \text{ secondes}$$

et on obtient les équations suivantes connaissant les constantes radioactives :

$$(1) \quad y_5 = 77 \quad x + 28 \quad y + 82,4 z$$

$$(2) \quad y_{15} = 38,3 x + 36,3 y + 57,5 z$$

$$(3) \quad y_{30} = 43,3 x + 38,7 y + 33,7 z$$

où y_5 , y_{15} et y_{30} ont les valeurs de y , 5, 15 et 30 minutes après l'arrêt de l'activation et

$$x = \frac{n_a}{h} \times 10^3$$

$$y = \frac{n_b}{h} \times 10^3$$

$$z = \frac{n_c}{h} \times 10^3.$$

Pour la plupart seulement on a calculé la valeur de x , c'est-à-dire de $\frac{n_a}{h} \times 10^3$.

Comme il a été dit, la valeur de h était déterminée graphiquement en partant des dimensions de la chambre d'ionisation, du parcours des particules et de l'ionisation pendant différentes étapes de ce parcours. Puisque RaA perd la moitié de son activité au bout de trois minutes et puisque la plupart des observations étaient faites de trois en trois minutes, le parcours était celui de particules α de RaC, c'est-à-dire 6,94 cm. Ceci ne veut pas dire qu'après quelques minutes l'influence de RaA sur la forme de la courbe de désactivation soit nulle; RaA se transforme en RaB qui, à son tour, quoiqu'il ne produise pas de particules α , se transforme en RaC.

* Avec la chambre d'ionisation qui était employée on a trouvé pour la valeur de h 2,23.

Après avoir déterminé la valeur de n_a par la manière ci-dessus la quantité d'émanation par cm^3 était calculée à l'aide de la formule suivante

$$Q = \frac{\lambda_A}{\lambda_R} n_a \left(1 + \theta \frac{n_-}{\lambda_A} \right) 3,7 \times 10^{-22} \text{ curies.}$$

En effet, la valeur de $\frac{Q}{1 + \theta \frac{n_-}{\lambda_A}}$ n'était calculée que pour

des raisons que nous donnons ci-après.

Il est nécessaire de remarquer ici-même, que pour des temps égaux y n'est pas proportionnel à la quantité d'émanation dans l'atmosphère ; la valeur dépend surtout de la forme de la courbe.

Un autre facteur de grande importance est la connaissance de la valeur limitée de la mobilité des ions captés dans l'appareil. Il est vrai que les particules RaA, RaB, RaC ainsi que les autres particules de dépôts actifs en général se comportent comme les petits ions au point de vue de la mobilité ; mais quand ils se recombinent avec de gros ions, ou bien avec les impuretés de l'atmosphère, comme par exemple avec la poussière, ils se comportent dans une manière différente à celle des petits ions. On a trouvé ce fait au début de ces expériences, et la mobilité limitée d'ions captés a été toujours calculée par la formule bien connue

$$k = \frac{w \log \frac{b}{a}}{2\pi v l}$$

où k cm.-sec. par volt est la mobilité limitée des ions captés, w est le volume d'air passant en une seconde, a et b sont respectivement les rayons des cylindres intérieur et extérieur, L est la largeur de la feuille sur laquelle le dépôt était reçu, et v est le potentiel du cylindre intérieur. Avec l'appareil employé, $K = \frac{0,0073w}{v}$ cm.-sec. par volt.

Il était possible d'avoir la saturation, c'est-à-dire que l'on pouvait capter presque toutes les particules de RaA chargées positivement quand la valeur de K était égale à 0,020 cm.-sec. ou à une valeur plus faible. Mais tout dépend des conditions atmosphériques, de la visibilité, de la quantité de poussière et d'autres substances dans l'atmosphère, de l'humidité, etc.

On peut prendre l'observation suivante comme modèle :

Date : 11-5-28.

Lieu d'observation : Laboratoire de
Physique du Globe, 3^e étage; en
face d'une petite rue est à ouest.

Heure : Activation commencée à 10 h.
» terminée à 10 h. 15

Tension : 5.500 volts.

Air aspiré : $9,8 \times 10^3$
cm.-sec.

Conditions atmosphériques : Après deux
jours froids, aujourd'hui temps nua-
geux, pluie (matin). Un peu clair,
avec quelques courtes apparitions de
soleil pendant l'expérience.

Ions captés jusqu'à la
mobilité : 0,013
cm.-sec.

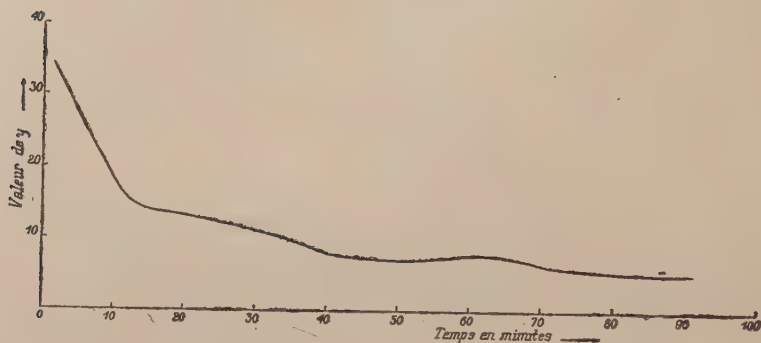
Courant spontané d'ionisation : 3 divi-
sions d'échelle en 2 minutes.

Temps d'observation	10-17 à 10-19	10-20 à 10-22	10-23 à 10-25	10-26 à 10-28	10-31 à 10-33	10-36 à 10-38
Valeur de t (en minutes) $t = 0$ quand les activités s'arrêtent	3	6	9	12	17	22
Déviatiou en millimètres, moins le courant spontané.	18	15	12	9	8	7 $\frac{1}{2}$
Valeur de y	31,14	25,95	20,76	15,57	13,84	12,97

Temps d'observation	10-44 à 10-46	10-54 à 10-56	11-4 à 11-6	11-14 à 11-16	11-24 à 11-26	11-34 à 11-36	11-44 à 11-46
Valeur de t (en minutes) $t = 0$ quand les activités s'arrêtent	30	40	50	60	70	80	90
Déviatiou en millimètres, moins le courant spontané.	6 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{1}{2}$	4	4 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{2}$	3	3
Valeur de y	11,24	7,88	6,92	7,88	6,05	5,19	5,19

On avait tenu compte seulement de la valeur de y de la

deuxième décimale et la figure 3. On a fait passer la courbe par tous les points ce qu'il est préférable de ne pas faire pour des raisons énumérées ci-après. Malgré cela, la courbe est assez régulière. La valeur de y a été calculée pour $t = 5$, $t = 15$, $t = 30$ et posée dans les équations précédentes.



11-5-28

Fig. 3. — Mobilité limitée 0,013 cm.-sec.

$$Q = 71 \times \left(1 + \Theta \frac{\lambda_-}{\lambda_A}\right) \times 10^{-18} \text{ curies par cm}^3.$$

La solution des équations nous a donné

$$n_a = 0.63 \times 10^{-3}$$

d'où il résulte que

$$Q = 71,20 \times 10^{-18} \left(1 + \Theta \frac{n_-}{\lambda_A}\right) \text{ curies par cm}^3 \text{ de l'atmosphère.}$$

Précision

On peut mesurer les déviations avec une précision pouvant atteindre la demi-division et même le quart de division. En supposant que la déviation moyenne en 2 minutes est de 15 divisions, la limite d'erreur est un peu au-dessus de 2 pour cent. La valeur de y est obtenue connaissant la déviation et une constante qui dépend de la quantité d'air

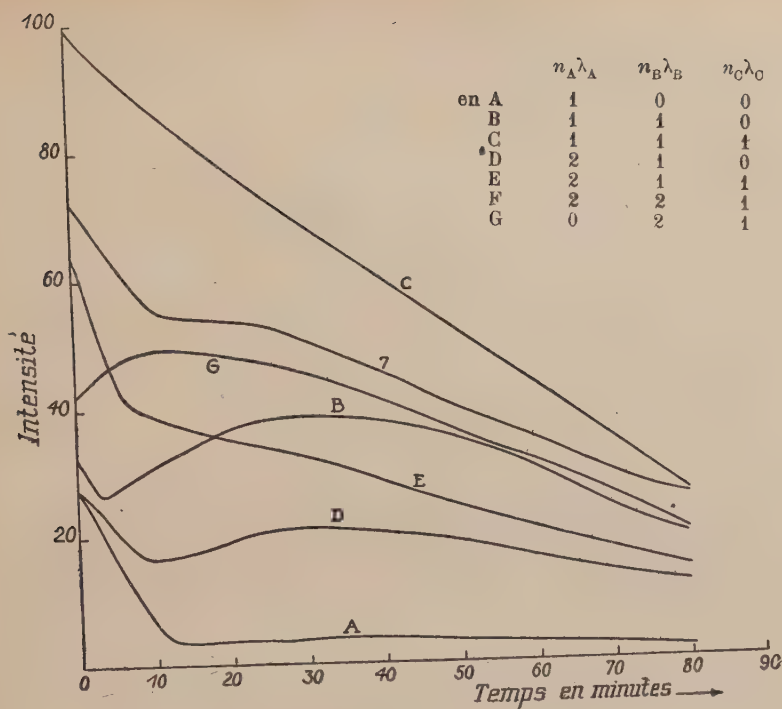


Fig. 4.

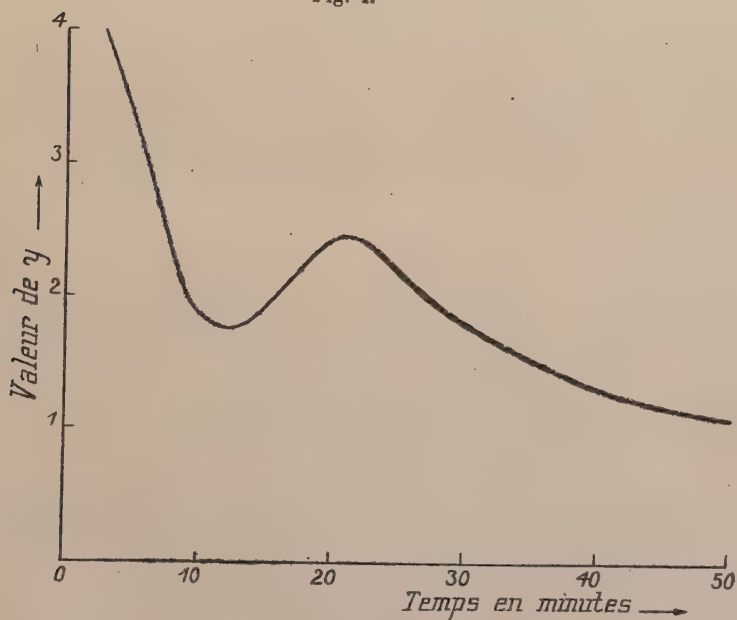


Fig. 5. — Particules captées jusqu'à la mobilité 0,238 cm.-sec.
(Soleil, vent assez fort, un peu de poussière dans l'air).

$$Q = q \times \left(1 + \Theta \frac{n_-}{\lambda_A}\right) \times 10^{-18} \text{ curies par cm}^3. \quad 7-4-28$$

aspiré. L'influence de la variation de y sur Q dépend de la forme de la courbe et de la partie particulière de la courbe où l'erreur se trouve. Une erreur de 3 pour cent, dans la valeur de y dans les expériences faites, est susceptible d'entraîner une erreur de 10 pour cent dans le résultat final. Mais vu l'incertitude dans l'évaluation du facteur $\left(1 + \theta \frac{n_-}{\lambda_A}\right)$, l'erreur n'est pas si considérable.

Résultats généraux

Quelques types de courbes sont donnés dans les pages suivantes. Elles comprennent :

1) Courbes de désactivation du dépôt avec différentes tensions sur l'électrode et des valeurs différentes de courant d'air (figs. 5-13).

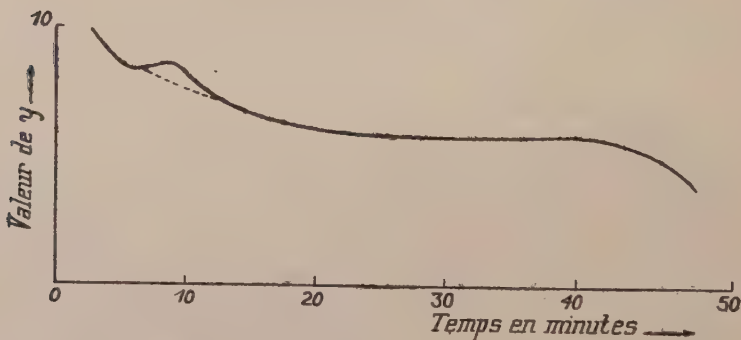


Fig 6. — Mobilité limitée 0,15 cm.-sec.
(Soleil, vent lent, pas de pluie pendant deux derniers jours).

$$Q = \delta \times \left(1 + \theta \frac{n_-}{\lambda_A}\right) \times 10^{-18} \text{ curies par cm}^3.$$

2) Courbes de désactivation pour des expositions longues jusqu'à 3 heures (fig. 16).

3) Courbes de désactivation avec une tension positive sur l'électrode (fig. 15).

4) Variations diurnes (fig. 14).

Il faut noter qu'on a fait passer les courbes par tous les points obtenus. Les petites variations au delà des limites raisonnables améliorent parfois la forme et les résultats.

La valeur de $\left(\frac{Q}{1 + \theta \frac{n-}{\lambda_A}} \right)$ a été calculée pour la plupart.

Dans certains cas, où la valeur de y était très petite, on a amplifié l'échelle des ordonnées.

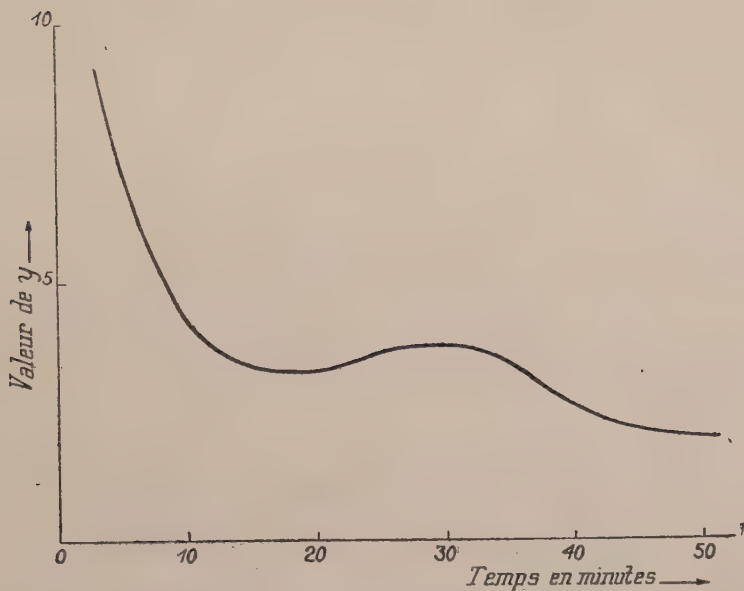


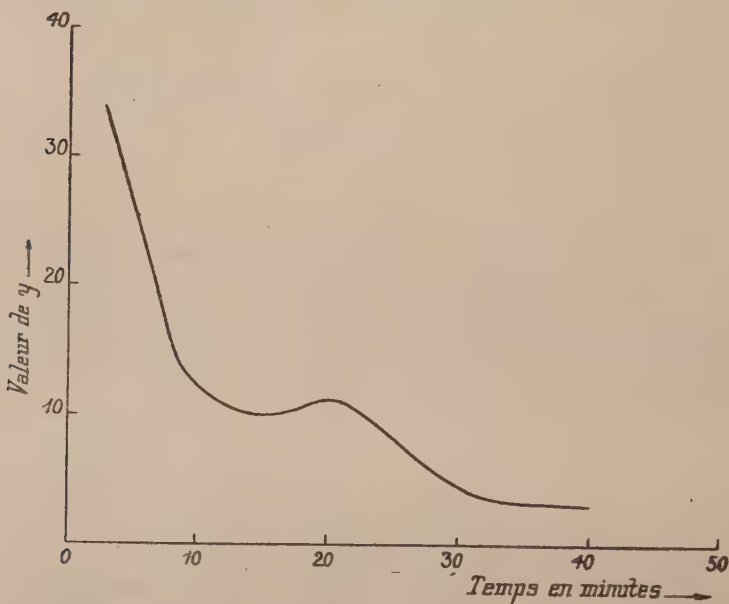
Fig. 6 A. — Mobilité limitée 0,126 cm.-sec
(Soleil, vent assez fort, un peu de poussière).

$$Q = 22,2 \times \left(1 + \theta \frac{n-}{\lambda_A} \right) \times 10^{-18} \text{ curies par cm.-sec.}$$

Le premier point à noter dans ces expériences est que toutes les particules de RaA ne sont pas captées. De plus que si le champ entre les cylindres augmente de valeur de

$\left(\frac{Q}{1 + \theta \frac{n}{\lambda_A}} \right)$ s'augmente aussi. Il est toutefois difficile de

dire exactement à partir de quel moment toutes les particules de RaA seront captées, les conditions nécessaires y

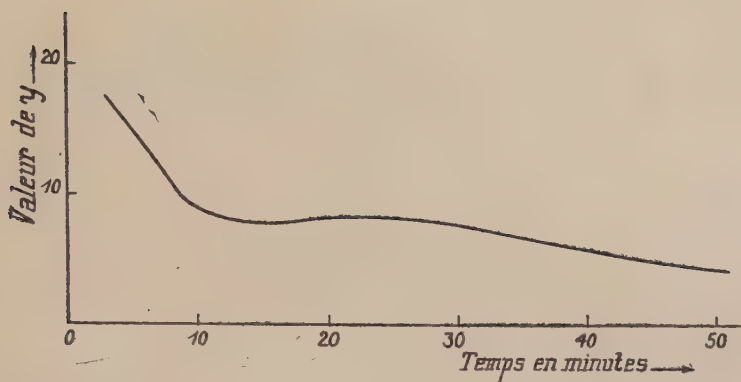


4-5-28

Fig. 7. — Mobilité limitée 0,039 cm.-sec.
(Pluie, éclair, tonnerre hier nuit. Pas de soleil actuellement).

$$Q = 53 \times \left(1 + \theta \frac{n}{\lambda_A} \right) \times 10^{-18} \text{ curies par cm.-sec.}$$

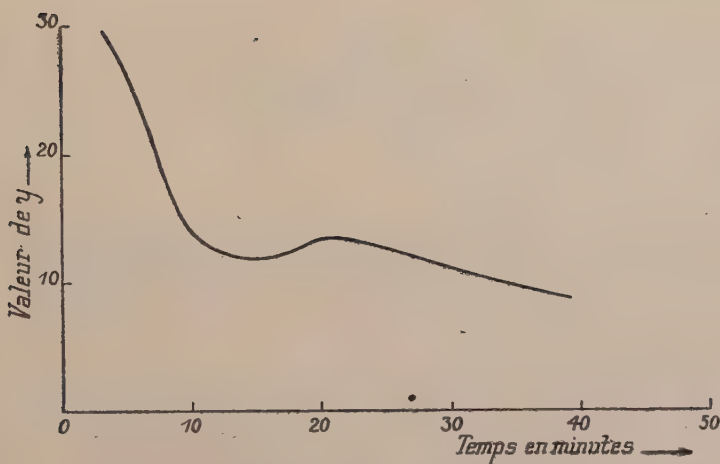
variant de jour en jour d'après les conditions atmosphériques. Mais on peut supposer qu'en donnant au potentiel et au courant d'air des valeurs suffisantes pour capter les ions de mobilité limitée, 0,020 cm.-sec., on peut aussi capter presque la totalité des particules. Il est vrai que quelquefois on a eu des dépôts en dépassant cette limite, mais rarement.



11-4-28

Fig. 8. — Mobilité limitée 0,041 cm.-sec.
(Nuages, pluie, vent fort).

$$Q = 40 \times \left(1 + \Theta \frac{n_-}{\lambda_A} \right) \times 10^{-18} \text{ curies par cm}^3.$$

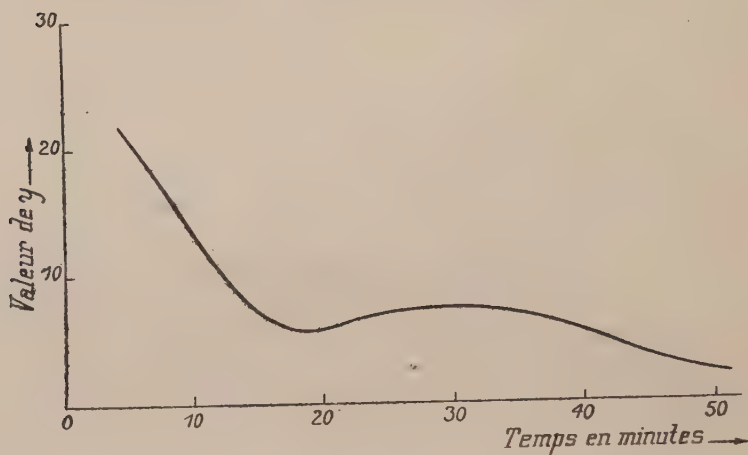


7-4-28

Fig. 9. — Mobilité limitée 0,024 cm.-sec.
(Soleil, vent lent.)

$$Q = 72,5 \left(1 + \Theta \frac{n_-}{\lambda_A} \right) + 10^{-18} \text{ curies par cm}^3.$$

En supposant les résultats corrects, un grand nombre d'observations ont été faites dans diverses conditions de temps et à des périodes différentes en ayant soin de garder toujours la limite de mobilité entre 0,020 cm.-sec. et 0,01



11-4-28

Fig. 10. — Mobilité limitée 0,022 cm.-sec.
Pluie pendant l'activation.

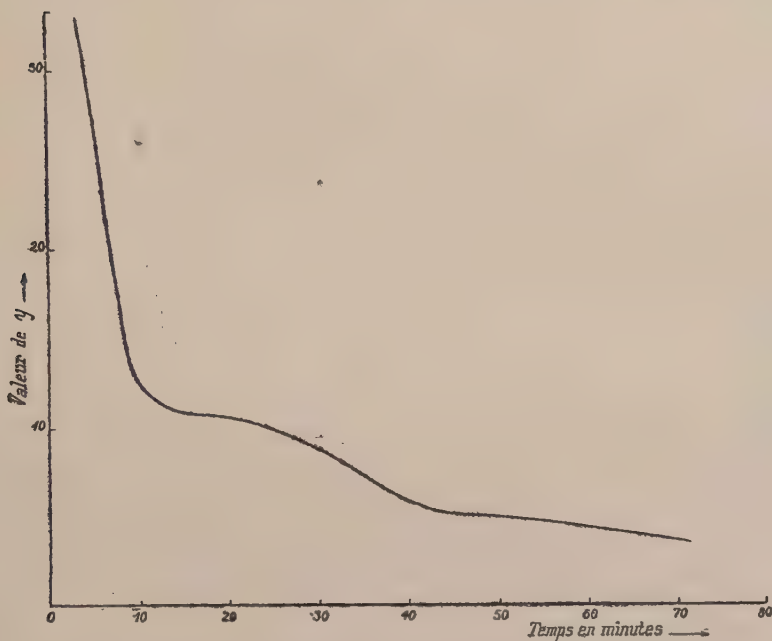
$$Q = 68 \times \left(1 + \theta \frac{n_-}{\lambda_A}\right) \times 10^{-18} \text{ curies par cm}^3.$$

cm.-sec. et parfois au-dessous la valeur moyenne de Q a été $81 \times \left(1 + \theta \frac{n_-}{\lambda_A}\right) \times 10^{-18}$ curies par cm^3 d'air. Les valeurs extrêmes entre les limites de la mobilité mentionnée ci-dessus sont

$$35 \left(1 + \theta \frac{n_-}{\lambda_A}\right) \times 10^{-18} \quad \text{et} \quad 141 \times \left(1 + \theta \frac{n_-}{\lambda_A}\right) \times 10^{-18},$$

mais ces cas sont extrêmement rares ; dans la moyenne partie des cas Q a oscillé entre $50 \left(1 + \theta \frac{n_-}{\lambda_A}\right) \times 10^{-18}$ curies et $100 \times \left(1 + \theta \frac{n_-}{\lambda_A}\right) \times 10^{-18}$ curies.

Au premier coup d'œil les courbes du type ci-dessus paraissent avoir beaucoup de dissymétrie, mais quand nous les comparons avec les courbes théoriques, nous voyons



6-6-28

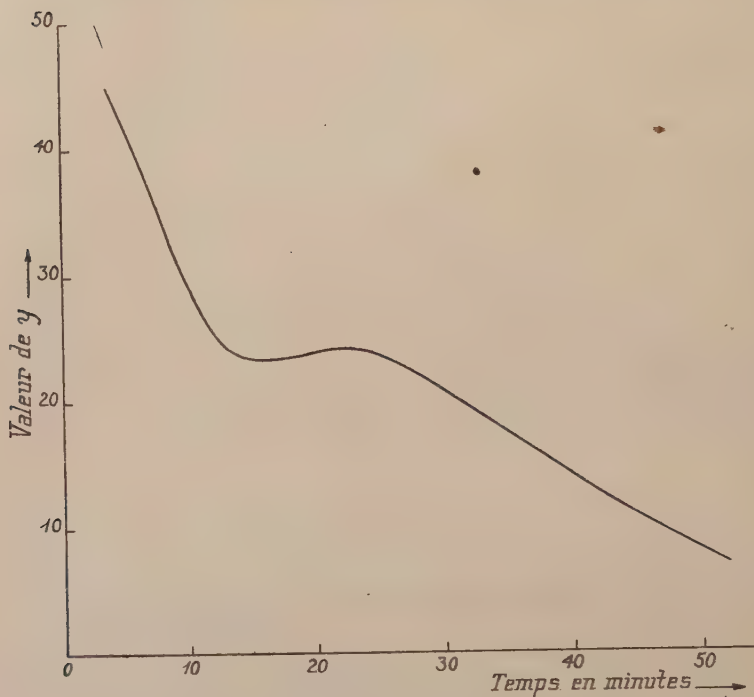
Fig. 11. — Mobilité limitée 0,018 cm.-sec.
(Pluie pendant deux derniers jours; actuellement soleil, vent lent.)

$$Q = 72 \times \left(1 + \theta \frac{n_-}{\lambda_A} \right) \times 10^{-13} \text{ curies par cm}^3.$$

que ces irrégularités ne sont pas si grandes. Supposons que RaA, RaB, RaC sont tous chargés positivement, et qu'ils sont captés par l'électrode, on a établi quelques courbes (fig. 4) (Behouneck, *Journal de Physique*, Avril 1927) avec des proportions différentes de ces éléments.

Les courbes présentent des formes différentes. Le rapport entre RaA, RaB, RaC dans l'atmosphère n'est pas si simple

à cause de plusieurs facteurs, comme par exemple la recombinaison, une mobilité différente, manque de charge, etc. Il est probable que pour une courbe de désactivation d'une



11-4-28

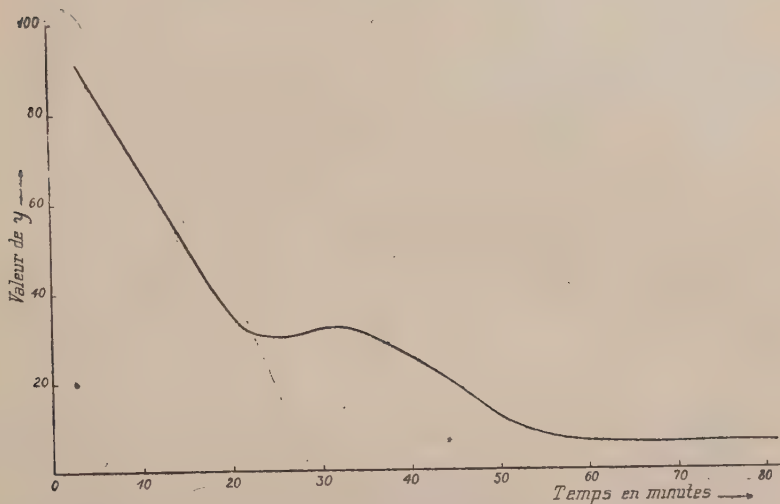
Fig. 12. — Mobilité limitée 0,01 cm.-sec.
(Pluie hier nuit, actuellement pluie et soleil alterne.)

$$Q = 86 \times \left(1 + \theta \frac{n-}{\lambda_A} \right) \times 10^{-18} \text{ curies par cm}^3.$$

expérience quelconque ses rapports sont complexes. Quelques-uns de ces effets peuvent être étudiés comme suit.

Les courbes de désactivation provenant d'un grand nombre d'expériences exécutées dans le cas où des ions de mobilité atteignent 0,02 cm.-sec. au moins ont été captés,

montrent une tendance vers la courbe A ; ceci indique que la proportion de RaA augmente régulièrement, et lorsque les ions les plus lents sont captés, la limite est atteinte.



8-6-28

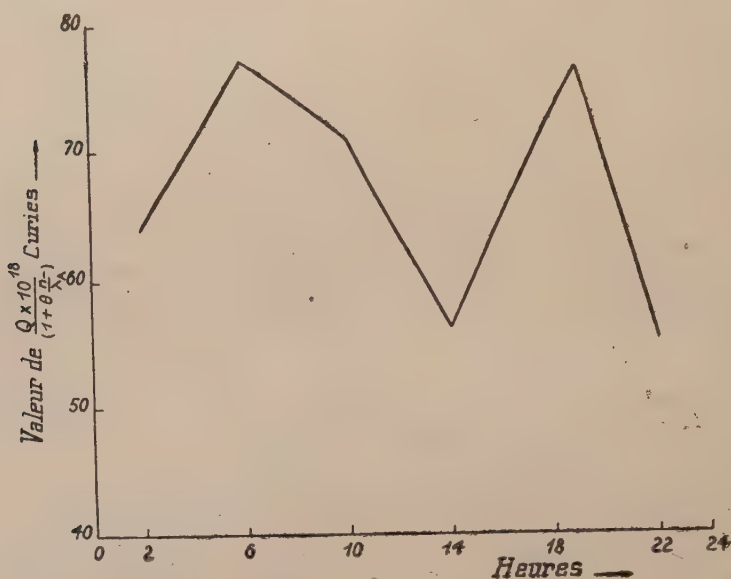
Fig. 13. — Mobilité limitée 0,0058 cm.-sec.
(Nuage, pluie, vent fort.)

$$Q = 73 \times \left(1 + e^{\frac{n_-}{\lambda_A}} \right) 10^{-18} \text{ curies par cm}^3.$$

Seulement dans le cas où des ions d'une grande mobilité sont captés, les courbes ont une forme comme B, D, E, F ; plusieurs d'entre elles n'ont pas la forme de la courbe C. On peut ainsi déduire que quand les ions d'une mobilité plus élevée sont captés il y a une plus grande proportion de RaB et de RaC que quand les ions d'une mobilité plus faible le sont. En effet aucune des courbes n'indique l'absence totale de RaA.

La conclusion générale qu'on peut tirer des formes des courbes types est que les particules de RaA chargées positivement (qui n'étaient pas neutralisées par la recombinaison

avec des ions négatifs petits ou gros) se recombinent avec les impuretés de l'atmosphère, et ne se comportent plus comme des petits ions. Le nombre de tels ions déposés dépend de leur mobilité du champ électrique et de la vitesse d'écoulement de l'air dans l'appareil. Les particules de RaB et RaC se recombinent aussi avec les impuretés et les ions



7-5-28 et 8-5-28

Fig. 14. — Variation diurne.

Tension 5.500 volts.

Particules captées jusqu'à la mobilité 0,013 cm.-sec.

de l'atmosphère ; dans le premier cas le champ électrique n'a aucun effet sur eux sauf électro-statiquement, mais les particules se recombinaient avec les ions positifs sont captées par l'électrode. Quand l'électrode est chargée, soit positivement soit négativement, leur présence indique qu'ils peuvent se recombinaient facilement avec les ions. La présence

d'une quantité très petite de RaA sur l'électrode chargée positivement peut être due à l'action électrostatique.

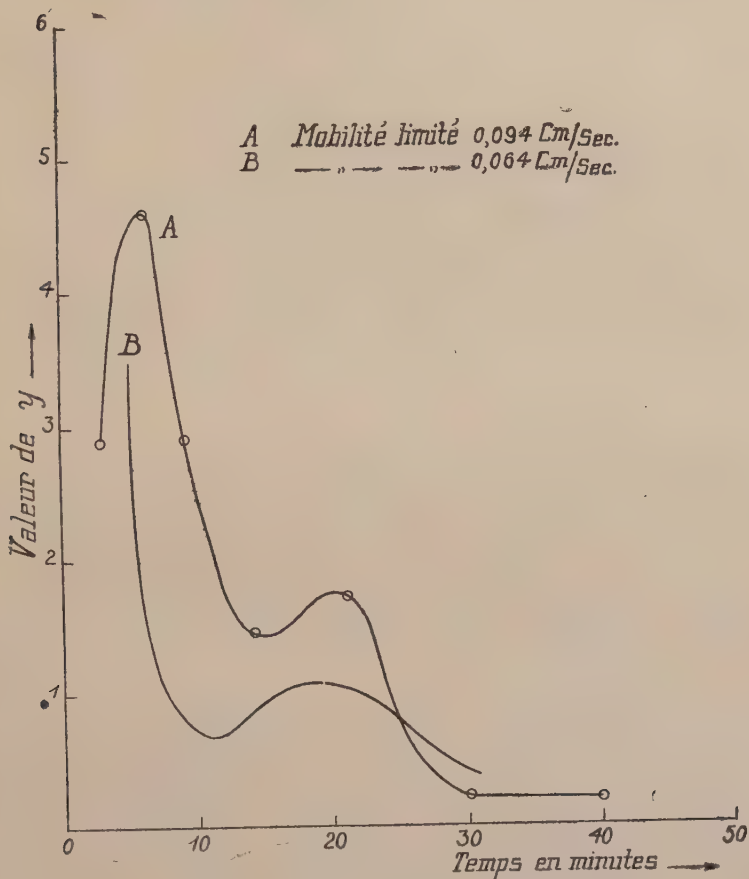


Fig. 15. — Electrode positive 4 500 volts.

Les conditions météorologiques ont une grande influence sur la forme de la courbe de désactivation et sur la valeur absolue de l'émanation. L'absence de pluie pendant quelques jours ainsi que la présence de poussière dans l'air contribuent à diminuer la teneur en émanation. La poussière et

une visibilité faible rendent les courbes de désactivation irrégulières et spécialement quand les particules de mobilité faible ne peuvent être captées.

S'il pleuvait pendant l'expérience, ou juste avant celle-ci nous constatons qu'il y avait une tendance à une diminution de la teneur en émanation.

Généralement les plus basses pressions barométriques étaient accompagnées des grandes valeurs des Q : mais si cette relation a été vérifiée dans un grand nombre de cas (fig. 14) elle ne l'a pas été dans la totalité. Il est probable que, à cause des influences des autres facteurs, les petites variations dues à la pression, nous ont échappé dans ce cas-là.

Le rapport entre la direction du vent et la quantité d'émanation n'a été étudié qu'imparfaitement ; mais on peut toutefois affirmer que le vent froid soufflant du nord et du nord-ouest diminuait la teneur en émanation. Le vent d'est n'influait pas largement la quantité d'émanation, mais un jour les valeurs d'émanation anormalement hautes, ont été obtenues par vent d'est.

La variation diurne de la quantité d'émanation a été aussi étudiée. Les courbes (fig. 3) de désactivation étaient presque toujours les mêmes. La courbe de la variation diurne a été donnée dans la figure 14. En raison de l'influence des produits de désintégration, il n'était pas possible de faire plus de six observations par jour. Il était impossible de faire des observations continues, et c'est pourquoi il se peut que les maxima et les minima peuvent varier un peu sur la courbe. Cette variation est susceptible d'être appliquée par la pression barométrique et du champ électrique de l'atmosphère à Paris pendant l'été, si l'on suppose que les ions chargés positivement sont repoussés vers le sol par le champ atmosphérique. Un appareil enregistreur est nécessaire pour les

observations continues, mais il est difficile de concevoir comment un tel appareil peut être construit.

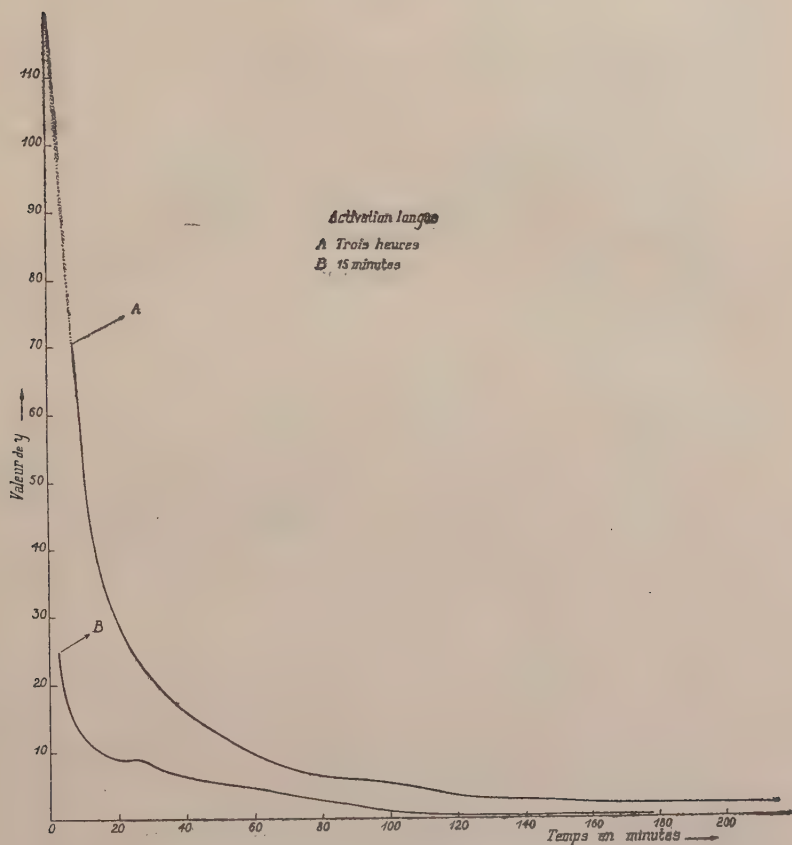


Fig. 16. — Activation longue.

Quelques observations ont été faites avec les électrodes chargées positivement (fig. 15). Pour de petites quantités d'air aspirées à travers l'appareil on n'a trouvé aucun dépôt actif, pour de grands volumes d'air on en a obtenu un. La

courbe de désactivation est irrégulière et la plupart du temps montre l'absence de RaA.

Un certain nombre de fois on a effectué des expositions d'assez longues durées de 1/2, 1, 3, 6 et 12 heures dans l'espoir de capter les dépôts actifs du Thorium. Évidemment les expositions d'une heure et de demie heure étaient faites uniquement dans le but de comparer les courbes avec celles d'expositions plus longues. On trouve quelques-unes de ces courbes (fig. 16) ci-après. Théoriquement l'effet du dépôt actif de Ra s'évanouit au bout de 4 heures après l'activation, mais en pratique l'effet est minimum après deux heures, pour les courbes simples de désactivation du RaA, et après trois heures pour les courbes complexes (RaA, RaB, RaC). Deux courbes de désactivation, l'une d'une durée de 15 minutes d'activation, et l'autre de 3 heures construites côte-à-côte (fig. 16). La courbe de désactivation correspondant à une plus longue exposition montre quelque activité trois heures après l'activation. En supposant que l'activité au bout de 3 heures est due entièrement au dépôt actif du Thorium et que le dépôt décroît exponentiellement avec $\lambda = 0,0654$ heures (pour Th_B) (ce qui n'est correct qu'approximativement), la valeur de y pour Th, pour $t = 0$, peut-être trouvée par interpolation, ainsi que par le calcul.

Dans le cas actuel y était d'environ 2,4, ce qui indique qu'au moins dans ce cas l'activité due au dépôt actif du Thorium est vraiment petite, quand on tient compte de celle du Radium. Avec une exposition de 12 heures l'activité due aux produits du Thorium fut trouvée être environ 8 à 10 pour cent celle des produits du Ra. Avec l'appareil employé une activation plus longue est difficile; elle est nécessaire ainsi qu'un niveau plus bas pour trouver l'effet du dépôt actif du Thorium en totalité.

Discussion des résultats et conclusions

Quantité absolue de l'émanation.

Le calcul de la quantité absolue de l'émanation du Radium comprend l'évaluation de $\left(1 + \Theta \frac{n_-}{\lambda_A}\right)$ qui est une quantité assez mal définie.

Les gros et petits ions existant simultanément dans l'atmosphère, la formule de correction doit être

$$\left(1 + \Theta \frac{n_-}{\lambda_A} + \beta \frac{N_-}{\lambda_A}\right)$$

où Θ est le coefficient de recombinaison entre les petits ions, β le coefficient de recombinaison entre les petits ions positifs et les gros ions négatifs, n_- le nombre des petits ions négatifs et N_- le nombre des gros ions négatifs par cm^3 dans l'atmosphère. On n'a pas tenu compte des ions intermédiaires, bien que l'existence de tels ions ait été démontrée ailleurs ⁽¹⁾.

La valeur de Θ est $1,6 \times 10^{-6}$

» » β est $8,7 \times 10^{-6}$ (NOLAN, *Proc. Royal-I. Society*, Jan., 1927).

Pour Paris	$n_- = 200$	}	M. LANGEVIN
	$N_- = 10.000$		
	$n_- = 80$	}	M. Mac LAUGHLIN
	$N_- = 16.600$		

On sait que ces valeurs varient dans de grandes proportions d'un jour à l'autre, et même d'une heure à l'autre. Les nombres ci-dessus donnent les valeurs moyennes.

⁽¹⁾ POLLOCK, *Le Radium*, p. 129, 1909 ; *Phil. Mag.*, **29**, 626, 1915.

DORNO, *Licht u. Luft in Hochgebirge*, Braunschweig, 1911 ; KNOCHE, *Phys. Zeitschrift*, **13**, p. 322. 1912.

RAMPA, travaillant sous la direction de GÖCKEL, *Inaug. dissert.*, Fribourg. J.-J. NOLAN, *Proc. R. I. A.*, Jan., 1927.

Supposons que les atomes de RaA se comportent comme de petits ions, ce qui n'est certainement pas le cas, comme nous avons trouvé dans ce travail, le terme correctif avec les valeurs données par M. Langevin devient 24 approximativement (avec les valeurs par M. Mac Laughlin 39) ce qui donne une valeur impossible pour Q, c'est-à-dire $24 \times 81 \times 10^{-18}$ curies par cm^3 d'après ce que l'on sait sur la valeur moyenne connue de la quantité de l'émanation par cm^3 d'air sur terre.

Par contre si nous supposons que les particules de RaA se comportent comme de gros ions, le facteur correctif devient

$$\left(1 + \beta \frac{n_-}{\lambda_A} + \gamma \frac{N_-}{\lambda_A}\right)$$

ou λ est le coefficient de recombinaison entre les gros ions. Nolan a donné pour la valeur de ce coefficient 28×10^{-10} .

Avec les valeurs de n_- et N_- trouvées par M. Langevin le terme correctif (1) devient 1,45 et avec les valeurs de M. Mac Laughlin on trouve (1) = 1,18. Les valeurs correspondantes de Q sont respectivement 118×10^{-18} curies et 96×10^{-18} curies par cm^3 de l'atmosphère. Ces chiffres sont acceptables, mais peut-être sont-ils sous-estimés pour les raisons suivantes :

1) On n'a pas tenu compte de la recombinaison de ces ions avec les ions intermédiaires ; on ne connaît d'ailleurs rien de précis sur leur nombre, leur mobilité et leur coefficient de recombinaison avec les ions divers de l'atmosphère.

2) L'étude des dépôts actifs obtenus avec différentes mobilités limitées a montré que les particules de ces dépôts actifs ne sont pas de petits ions. Mais, en même temps, il ne faut pas les considérer comme de gros ions, car presque tous ces ions se sont déposés sur l'électrode quand celle-ci pouvait capter les ions de mobilité allant jusqu'à 0,02 cm.-sec. de

valeur supérieure à celle des mobilités des gros ions. Les particules de RaA sont de petits ions à l'origine, mais elles se combinent en très peu de temps, avec les impuretés de l'atmosphère et se comportent comme des ions intermédiaires.

Les coefficients de recombinaison dépendent essentiellement de la mobilité et de la grosseur des ions. Si les particules de RaA sont des ions intermédiaires de mobilité allant jusqu'à 0,02 cm.-sec., il faut en conclure que le dernier terme du correctif n'est pas négligeable. Quant au deuxième terme, en prenant pour des mobilités des particules de RaA les valeurs trouvées, il est probable que la valeur diminue, mais on ne peut dire même approximativement de combien. N_- étant très grand comparé à n_- et l'écart entre γ et β étant plus grand que l'écart entre β et Θ , et la valeur limitée de mobilité de particules de RaA se trouvant à peu près au milieu des mobilités des gros et petits ions, le résultat net et final, est que la valeur du terme correctif s'augmente un peu ainsi que celle de Q. Mais des suppositions de cette sorte ne sont susceptibles de conduire à un résultat tangible qu'autant que l'on ait pu trouver d'une façon précise, les valeurs des coefficients de recombinaison.

Le nombre d'ions q produits par cm^3 dans l'atmosphère par seconde peut nous apporter quelques données sur la quantité d'émanation du radium qui s'y trouve. Après avoir déduit du nombre total le nombre d'ions produits par les radiations cosmiques ($1,4 \text{ cm}^3$ par seconde au niveau de la mer, Millikan) et par les radiations du sol, on obtient le nombre d'ions produit par l'émanation. Le nombre d'ions produits par 100×10^{-18} curies par cm^3 de l'émanation est connu, on peut alors calculer la quantité de cette émanation contenue par un cm^3 de l'atmosphère. Mais il y a une grande divergence d'opinion sur la valeur de q et tout

spécialement sur la part qui revient aux produits issus du Thorium contenu par le sol.

On sait que dans les grottes et dans les crevasses, les émanations radioactives existent en fortes proportions. Dans une grande ville comme Paris avec des rues bordées de grands immeubles et avec des usines émettant des fumées, des conditions similaires peuvent exister, une valeur de Q sera donc un peu plus forte que celle trouvée ordinairement à la campagne.

A défaut de toute information précise sur les points que nous venons d'énumérer, la valeur la plus proche de Q peut être donnée provisoirement comme étant égale à 118×10^{-18} curies par cm^3 de l'atmosphère.

En terminant, nous devons exprimer notre grande reconnaissance à M. Maurain, Directeur de l'Institut de Physique du Globe et à M. Salles, qui nous ont prodigué leur aide et leur encouragement avec bienveillance.

Nous devons aussi remercier nos camarades d'études MM. Mac Laughlin et Grenet dont les suggestions précieuses ont été les bienvenues. Ils nous ont toujours aidé dans nos travaux.

ERRATA

Page 5. — La note 1 vient se placer après les mots « résultats mal définis », 10^e ligne, page 6.

— 5. — Ligne 17 : Après « 53 », lire « 0,14 ».

— 5. — Ligne 18 : Après « secondes », lire « respectivement ».

— 7. — Ligne 24 : Au lieu de « Th. B », lire « Th. A ».

— 8. — Lignes 10 et 11 : Au lieu de « assez peu de Ra A et de Ra C », lire « Assez peu de Ra A et beaucoup de Ra B et Ra C ».

— 21. — Lignes 13 et 14 : Au lieu de « de trois en trois », lire « après ».

— 25. — Egalité en bas de page, lire : $Q = 9 \times$ (etc.).

— 26. — Egalité sous la figure 6, lire : $Q = 8 \times$ (etc.).

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

RADIOACTIVITÉ DU SOL ET DE L'EAU

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 21 juin 1928.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,
Ch. MAURAIN.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur de l'Académie de Paris,
S. CHARLÉTY.

IMPRIMERIE DES PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE, Paris-Saint-Amand.

2-7-1928.
